



Analisis Kualitas Fisikokimia Madu Lebah Kelulut (*Heterotrigona itama*) pada Tiga Lokasi Meliponikultur di Kelurahan Sungai Tiung, Kota Banjarbaru

Ayun Siti Afifah, Anang Kadarsah*, Sasi Gendro Sari

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Lambung Mangkurat. Jl. Jendral Ahmad Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

*Email korespodensi : anangkadarsah@ulm.ac.id

Submitted: 6 November 2025; *Accepted:* 1 Desember 2025

ABSTRACT– *Heterotrigona itama* is a stingless bee species that produces high-quality and economically valuable honey. Honey quality assessment can be done through physicochemical parameters according to applicable standards. This study aims to analyze the physicochemical quality of *Heterotrigona itama* honey from three meliponiculture locations in Sungai Tiung Village, Banjarbaru City and compare it with SNI 8664-2018 and U.S. Patent Application Publication-2011. The study used purposive sampling method by taking samples from Cempaka Madu Kelulut, Cempaka Beton, and Kelulut Kalimantan. Parameters tested included moisture content, total sugar, HMF, reducing sugar, sucrose, acidity, water insoluble solids, ash content, and Pb and Cd metal contamination based on the method in SNI. Data analysis was done descriptively quantitatively. The results showed that all samples had a moisture content of 30–30.33%, total sugar 67.7–68°Brix, HMF 15.3–15.8 mg/kg, reducing sugar 33.88–45.59%, sucrose 7.88–10.58%, acidity 85.33–100 mL NaOH/kg, water insoluble solids 0.35–1.15%, ash content 0.056–0.1%, and Pb and Cd contamination <0.0001 mg/kg. Most parameters met the SNI, while the water content, reducing sugar, and sucrose exceeded the set limits.

KEYWORD: Physicochemical; *Heterotrigona itama*; Hydroxymethylfurfural; Moisture content; Meliponiculture.

PENDAHULUAN

Madu merupakan cairan manis yang dibuat oleh lebah dari sekresi tanaman, nektar bunga, atau apa pun yang ada di permukaan tanaman. Madu menjadi sangat populer sebagai suplemen untuk menjaga kesehatan dan stamina. Berdasarkan Pribadi & Wiratmoko (2023) serta Suedy et al., (2023), tingkat permintaan madu di dalam negeri masih tergolong besar sehingga belum sebanding dengan kemampuan produksi madu nasional. Peningkatan permintaan madu terus berlangsung sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan tumbuhnya wawasan masyarakat terhadap manfaat dari madu bagi kesehatan.

Situasi tersebut dieksploitasi oleh oknum pelaku produksi madu ilegal berusaha untuk melakukan tindakan pemalsuan produk madu (Suedy et al., 2023). Pemalsuan madu yang gempar terjadi di Banten akibat meningkatnya permintaan selama pandemi Covid-19. Para pelaku menggunakan metode dengan mencampurkan cairan glukosa, fruktosa, dan molases atau tetes tebu, meskipun campuran tersebut sama sekali tidak mengandung madu asli (Ichsan et al., 2022).

Oleh karena itu, diperlukan budidaya lebah guna meningkatkan produksi madu untuk meminimalisir adanya pemalsuan akibat tingginya tingkat konsumsi madu.

Salah satu jenis lebah yang semakin populer dalam budidaya madu adalah lebah kelulut (*Heterotrigona itama*). *Heterotrigona itama* menjadi spesies yang banyak dibudidayakan karena sifatnya yang tidak ganas, hidup berkoloni, mudah beradaptasi, tidak mudah kabur, serta tidak memerlukan lahan budidaya yang luas (Pribadi 2021). Madu yang dihasilkan oleh lebah *Heterotrigona itama* juga memiliki karakteristik unik, seperti rasa yang lebih asam, kandungan air yang lebih tinggi, dan aktivitas antioksidan yang lebih kuat dibandingkan madu dari lebah bersengat (Avila et al., 2018).

Praktik meliponikultur semakin populer di kalangan masyarakat sebagai alternatif untuk menghasilkan madu berkualitas tinggi. Kelurahan Sungai Tiung di Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan merupakan salah satu daerah yang mengembangkan budidaya lebah *Heterotrigona itama* melalui sistem meliponikultur karena kondisi fisik lingkungan yang sesuai dan tumbuhan pakan yang melimpah (Purwanto et al., 2022). Tumbuhan pakan ini menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi komposisi dan kualitas madu (Mual et al., 2022).

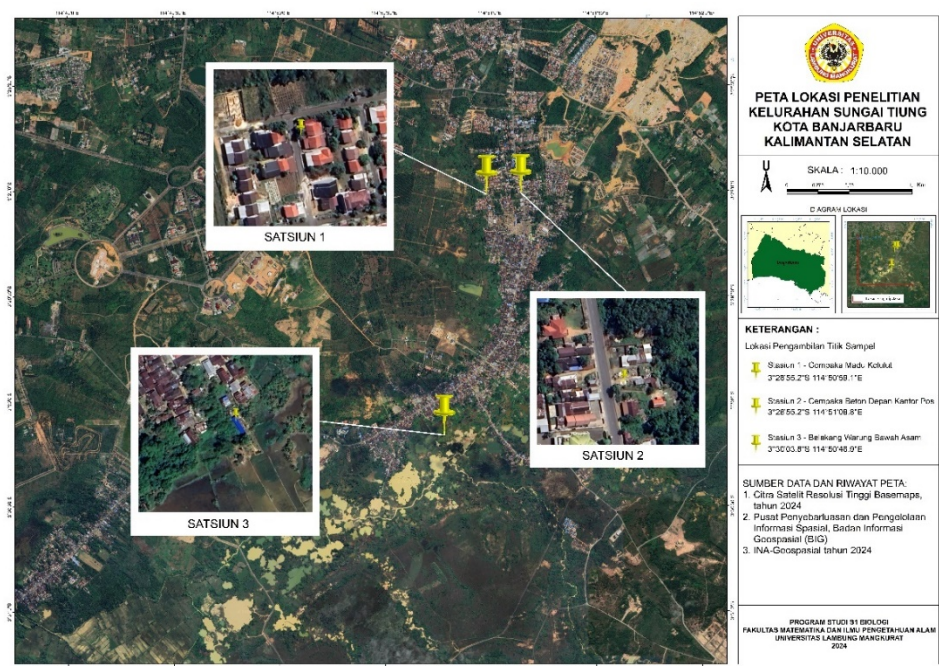
Madu dikatakan berkualitas baik apabila memenuhi ketentuan standar mutu yang sudah diatur. Kualitas madu dapat dinilai melalui parameter fisikokimia, seperti kadar air, kadar abu, hidroksimetilfurfural (HMF), sukrosa, gula pereduksi, padatan tak larut air, keasaman, serta cemaran logam (SNI 8664:2018). Beberapa penelitian mengenai kualitas madu sudah dilakukan seperti oleh Pribadi & Wiratmoko (2023), menyebutkan bahwa Kadar enzim diastase, kadar HMF, kadar gula pereduksi, kadar sukrosa, dan tingkat keasaman pada madu lebah *Heterotrigona itama* dari Kecamatan Rumbio Jaya, Kuok, Tambang, dan Ukui telah memenuhi standar yang ditetapkan dalam SNI 8664:2018. Namun, hanya madu yang berasal dari Kecamatan Rumbio Jaya yang memiliki kadar air sesuai dengan batas yang ditetapkan, sedangkan madu dari tiga kecamatan lainnya menunjukkan kadar air yang melebihi ambang maksimal menurut SNI 8664:2018. Penelitian yang dilakukan oleh Suhesti et al. (2024) menunjukkan bahwa madu dari Kabupaten Kampar memiliki kualitas dengan aktivitas enzim diastase sebesar 0 DN, kadar hidroksimetilfurfural (HMF) kurang dari 0,0015 mg/kg, kadar air sebesar 29% b/b, kadar gula pereduksi 54,27% b/b, sukrosa 1,31% b/b, keasaman 201,91 mL NaOH/kg, padatan tak larut dalam air sebesar 0,04% b/b, kadar abu 0,30% b/b, kandungan timbal (Pb) sebesar 0,71 mg/kg, serta kandungan cadmium (Cd) kurang dari 0,16 mg/kg.

Meskipun telah banyak penelitian mengenai karakteristik madu lebah *Heterotrigona itama* di daerah lain (Pribadi & Wiratmoko, 2023; Suhesti et al., 2024), penelitian mengenai kualitas madu lebah *Heterotrigona itama* di Kalimantan Selatan, khususnya di Kelurahan Sungai Tiung, masih belum ada. Penelitian ini dimaksudkan mengevaluasi mutu fisikokimia madu lebah *Heterotrigona itama* yang dihasilkan di tiga lokasi meliponikultur di Kelurahan Sungai Tiung, Kota Banjarbaru. Hasil yang diperoleh kemudian disesuaikan dengan acuan mutu madu yang sudah diatur oleh SNI 8664:2018 dan U.S. Patent Application Publication-2011, sehingga dapat diketahui tingkat kesesuaian berbagai sebab yang berimbas pada mutu madu produksi. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam pengembangan madu lebah *Heterotrigona itama* sebagai produk lokal yang bernilai ekonomi tinggi serta aman untuk dikonsumsi. Selain itu, temuan dari penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi peternak dalam mengoptimalkan praktik meliponikultur, serta bagi pemerintah dalam merumuskan kebijakan pengembangan budidaya lebah *Heterotrigona itama* stabil dalam jangka panjang.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlangsung selama 6 bulan terhitung dari bulan Agustus 2024 sampai bulan Januari 2025. Pengambilan sampel dilakukan di Kelurahan Sungai Tiung pada tiga tempat berbeda, yaitu di Cempaka Madu Kelulut, Cempaka Beton (depan Kantor Pos Cempaka), dan Kelulut Kalimantan. Peta lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 Peta lokasi pengambilan sampel sedimen

Sampel madu diambil dengan metode *discrete sampling* yang mana sampel diambil pada waktu tertentu sehingga hanya mewakili kondisi pada saat pengambilan sampel dilakukan. Sampel juga diambil dengan metode *purposive sampling*, yang mana lokasi pengambilan sampel dipilih berdasar pada syarat atau pertimbangan khusus. Sampel madu diambil sebanyak 250 mL pada setiap lokasi yang dipilih. Setiap sampel dimasukkan ke dalam botol plastik polietilen dan dikocok hingga homogen. Botol kemudian diberi label lalu dimasukkan ke dalam *cooler box*. Sampel madu selanjutnya dibawa ke laboratorium Anatomi dan Fisiologi serta Laboratorium Biofarma untuk dilakukan analisis kualitas madu dan dibawa ke Laboratorium Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Banjarbaru.

Pengujian Sampel

Pengukuran kadar air dan kadar gula total dilakukan melalui penggunaan alat refraktometer. Kadar HMF dan kadar keasaman diuji sesuai dengan SNI 8664-2018, kadar gula pereduksi dan kadar sukrosa diuji berdasarkan SNI 01-2892-1992, padatan tak larut dalam air dan kadar abu diuji berdasarkan SNI 01-2891-1992, sedangkan cemaran Cd dan Pb diuji berdasarkan SNI 01-2896-1998.

Analisis Data

Data kualitas madu lebah *Heterotrigona itama* yang didapatkan dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan disajikan dalam bentuk tabel. Selanjutnya setiap karakteristik madu yang diuji dibandingkan dengan nilai standar kualitas madu (SNI 8664 2018) dan *U.S. Patent Application Publication-2011*. Data kuantitatif yang diperoleh dianalisis dengan uji ANOVA menggunakan *Microsoft Office Exel* dan *IBM SPSS 23*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kualitas fisikokimia madu dilakukan untuk mengevaluasi parameter-parameter penting yang mencerminkan mutu madu, seperti kadar air, kadar gula total, hidroksimetilfurfural (HMF), gula pereduksi, sukrosa, keasaman, padatan tak larut dalam air, kadar abu, serta keberadaan

cemaran logam berat. Hasil pengujian kualitas fisikokimia madu lebah *Heterotrigona itama* dari ketiga lokasi meliponikultur disajikan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian kualitas fisikokimia madu lebah *Heterotrigona itama*

Lokasi						
No	Parameter	Cempaka Madu Kelulut	Cempaka Beton	Kelulut Kalimantan	Satuan	Standar SNI
Hasil Pengujian (mean+SD)						
1	^(z) Kadar air	30,33 ± 0,577 ^a	30,33 ± 0,577 ^a	30 ± 0,00 ^a	% b/b	Maks. 27,5
2	^(z) Kadar gula total	67,7 ± 0,577 ^a	67,7 ± 0,577 ^a	68 ± 0,00 ^a	°Brix	76-83
3	^(y) Hidroksimetilfurfural (HMF)	15,8 ± 1,627 ^a	15,3 ± 0,764 ^a	15,6 ± 1,635 ^a	mg/kg	Maks. 40
4	^(y) Gula pereduksi	44,93 ± 0,983 ^a	45,59 ± 0,988 ^b	33,88 ± 2,072 ^c	% b/b	Min. 65
5	^(z) Sukrosa	8,84 ± 1,175 ^a	10,58 ± 1,310 ^b	7,88 ± 2,237 ^c	% b/b	Maks. 5
6	^(z) Keasaman	85,33 ± 9,23 ^a	92,67 ± 8,08 ^b	100 ± 13,85 ^c	mL NaOH/kg	Maks. 200
7	^(y) Padatan tak larut dalam air	1,15 ± 0,136 ^a	0,88 ± 0,144 ^b	0,35 ± 0,165 ^c	% b/b	Maks. 0,7
8	^(y) Abu	0,1 ± 0,042 ^a	0,1 ± 1,503 ^a	0,056 ± 0,052 ^a	% b/b	Maks 0,5
9	Cemaran timbal (Pb)	<0,001	<0,001	<0,001	mg/kg	Maks. 1,0
10	Cemaran cadmium (Cd)	<0,001	<0,001	<0,001	mg/kg	Maks. 0,2

Keterangan: ^(y)Uji One-way ANOVA, ^(z)Uji Kruskal-wallis. Huruf yang berbeda, seperti ^a, ^b, dan ^c menunjukkan perbedaan yang signifikan, sedangkan huruf yang sama mengindikasikan bahwa perbedaannya tidak signifikan.

Kadar Air

Kadar air dalam madu sangat mempengaruhi kualitas madu seperti kekentalan, berat jenis, rasa, laju fermentasi, dan laju kristalisasi dari madu. Menurut Iffa (2017), kadar air sangat penting untuk menentukan kualitas madu karena dapat mempengaruhi parameter kualitas lainnya, terutama keasaman dan stabilitas madu. Berdasarkan (Tabel 1) kadar air madu lebah *Heterotrigona itama* dari tiga lokasi meliponikultur di Kelurahan Sungai Tiung, diketahui bahwa kadar air madu dari ketiga lokasi, yaitu Cempaka Madu Kelulut, Cempaka Beton, dan Kelulut Kalimantan, masing-masing sebesar 30,33%, 30,33%, dan 30%. Nilai ini melebihi limit maksimum menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 8664-2018), yaitu 27,5%.

Hasil analisis SPSS menunjukkan bahwa madu dari ketiga lokasi tersebut tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Kadar air madu yang tidak berbeda signifikan dari ketiga lokasi ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh kombinasi antara spesies lebah yang sama, kondisi lingkungan yang serupa, serta metode pemanenan serupa. Hal ini sesuai dengan hasil studi Agus *et al.*, (2021) yang mengungkapkan bahwasanya perbedaan tempat asal tidak memberikan pengaruh terhadap kadar air dalam madu. Hasil tersebut menunjukkan bahwa madu yang dihasilkan di ketiga lokasi belum memenuhi persyaratan kualitas madu yang baik menurut standar SNI. Meski demikian, kadar air di lokasi Kelulut Kalimantan sedikit lebih kecil dibandingkan dua lokasi lainnya.

Tingginya kadar air pada madu dapat memberikan dampak negatif, yaitu meningkatkan risiko fermentasi oleh khamir osmofilik, yaitu *Yeast osmophilic* dan *Zygosaccharomyces* yang dapat menurunkan mutu dan masa simpan madu (Suhesti *et al.*, 2024), meningkatkan keasaman madu (Hakim *et al.*, 2021), Serta mengonversi kadar gula menjadi sukrosa dan fruktosa, yang berpotensi meningkatkan kandungan HMF (Wilanda *et al.*, 2024). Berbagai faktor yang dapat

berpengaruh terhadap kadar air madu, seperti situasi alam sekitar sarang berupa cuaca, kelembaban, sumber tumbuhan nektar, penanganan panen, serta cara penyimpanan terhadap madu (Gariola *et al.*, 2013).

Kadar Gula Total

Kadar gula pada madu diukur untuk mengetahui kualitas dan kepalsuan produk madu. Kadar gula yang tinggi dapat meningkatkan masa simpan pada madu dan mencegah pertumbuhan khamir sehingga dapat mencegah terjadinya fermentasi. Kadar gula berpengaruh terhadap sifat fisikokimia madu seperti viskositas, laju kristalisasi, dan higroskopisitas (Korošec *et al.*, 2016). Berdasarkan (Tabel 1) hasil analisis kadar gula total madu lebah *Heterotrigona itama* dari tiga lokasi meliponikultur di Kelurahan Sungai Tiung, diperoleh bahwa kadar gula total di Cempaka Madu Kelulut dan Cempaka Beton masing-masing sebesar $67,7 \pm 0,577^\circ\text{Brix}$, sedangkan di Kelulut Kalimantan sebesar $68 \pm 0,00^\circ\text{Brix}$. Nilai-nilai ini berada di bawah standar *U.S. Patent Application Publication*, yaitu $76\text{--}83^\circ\text{Brix}$. Ini menunjukkan bahwa madu dari ketiga lokasi belum memenuhi standar gula total yang ditetapkan untuk madu berkualitas baik. Hasil analisis SPSS menunjukkan bahwa madu dari ketiga lokasi tersebut tidak menunjukkan ada perbedaan yang signifikan.

Kadar gula total yang lebih kecil dari standar *U.S. Patent Application Publication* dapat terjadi akibat beberapa faktor, di antaranya tingginya kadar air dalam madu yang cenderung menyebabkan pengenceran gula (Aprianti *et al.*, 2022). Selain itu, jenis nektar yang diambil oleh lebah *Heterotrigona itama* juga dapat memengaruhi kadar gula total. Berdasarkan ICMSF (2005), kandungan gula dalam nektar tanaman berbeda-beda berkisar 5 hingga 80%, dan kadar ini disebabkan karena faktor lingkungan. Menurut Crane dan Walker (1985), proses penguapan air pada kondisi temperatur sekitar yang panas, dapat meningkatkan kadar gula dalam nektar. Sebaliknya, kadar gula dapat menurun karena menyerap air dari tempat sekitarnya.

Kadar Hidroksimetilfurfural (HMF)

Pengujian HMF bertujuan untuk mengevaluasi kualitas mutu madu yang dapat disebabkan karena faktor-faktor seperti pemanasan berlebih, penambahan gula invert, serta suhu selama penyimpanan pada madu. Kadar HMF menjadi salah satu penanda yang penting guna menilai keaslian serta tingkat kesegaran madu. Kadar HMF dalam madu berhubungan dengan berbagai karakteristik kimiawi lainnya, seperti kandungan air, tingkat keasaman (pH), kadar asam bebas, kadar gula pereduksi, serta aktivitas enzim yang terdapat dalam madu (Ansarif & Sari, 2023). Berdasarkan penelitian Koesprimadisari *et al.* (2018), madu dengan kadar HMF melebihi 50 mg/kg bisa diyakini sebagai madu palsu atau telah dicampur dengan gula tambahan.

Berdasarkan tabel yang ditampilkan (Tabel 1), kadar Hidroksimetilfurfural (HMF) pada madu lebah *Heterotrigona itama* dari ketiga lokasi, yaitu Cempaka Madu Kelulut, Cempaka Beton, dan Kelulut Kalimantan adalah 15,8 mg/kg, 15,3 mg/kg, dan 15,6 mg/kg. Nilai ini berada di bawah standar maksimum yang ditetapkan oleh SNI 8664–2018, yaitu 40 mg/kg. Hasil analisis SPSS menyatakan bahwasanya kadar HMF madu dari ketiga lokasi tersebut tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Kadar HMF yang tidak berbeda signifikan dari ketiga lokasi ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh kesamaan dalam kondisi lingkungan, seperti suhu dan kelembaban, metode penyimpanan dan perlakuan pascapanen yang serupa, dan tanaman asal nektar yang relatif mirip (Yao *et al.*, 2004). Nilai HMF yang kecil pada ketiga lokasi ini mengindikasikan bahwasanya madu tersebut tidak mengalami pemanasan dan penyimpanan yang terlalu lama. Hal ini menunjukkan bahwa proses produksi dan penyimpanan madu telah dilakukan dengan baik, sehingga kualitas madu tetap terjaga (Wilanda *et al.*, 2024).

Kadar Gula Pereduksi

Gula pereduksi yang terdiri dari glukosa dan fruktosa, merupakan komponen utama dalam madu dan berperan penting dalam menentukan kualitas serta tingkat kemurniannya. Standar Nasional Indonesia (SNI) 8664:2018 menetapkan kadar minimum gula pereduksi dalam madu sebesar

65%. Nilai yang lebih rendah dari standar ini dapat mengindikasikan adanya pencampuran dengan bahan lain atau proses pemanenan yang belum optimal (Hakim *et al.*, 2021). Berdasarkan tabel di atas (Tabel 1), kadar gula pereduksi pada madu lebah *Heterotrigona itama* menunjukkan nilai yang berada di bawah standar SNI minimal, yaitu 65%. Madu lebah *Heterotrigona itama* dari wilayah Cempaka Madu Kelulut memiliki kadar gula pereduksi sebesar 44,93%, madu dari Cempaka Beton sebesar 45,59%, dan madu dari Kelulut Kalimantan sebesar 33,88%. Nilai ini berada di bawah standar maksimum yang ditetapkan oleh SNI 8664-2018, yaitu 65%.

Hasil analisis SPSS menunjukkan bahwa kadar gula pereduksi madu dari ketiga lokasi tersebut menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Kadar gula pereduksi yang kecil pada madu yang diuji disebabkan oleh tingginya kadar air madu. Hal ini sejalan dengan pendapat Rodger (1979), yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar air dalam madu, semakin kecil pula kadar gula pereduksinya.

Kadar gula pereduksi yang minim disebabkan oleh faktor lingkungan, kondisi tanah dan letak geografis, jenis tumbuhan yang menjadi sumber pakan lebah, serta proses pemanenan atau penyimpanan madu (Evahelda *et al.*, 2017). Selain itu, tingkat aktivitas enzim dalam madu lebah *Heterotrigona itama* juga memengaruhi proses hidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa yang merupakan komponen utama gula pereduksi (Ridoni *et al.*, 2020). Kecilnya gula pereduksi dapat memengaruhi cita rasa madu serta tingkat kestabilan selama penyimpanan. Madu dengan kadar gula pereduksi kecil lebih rentan terhadap fermentasi yang dapat menurunkan kualitasnya.

Kadar Sukrosa

Sukrosa memiliki sifat yang tidak stabil dan menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan kualitas madu. Hal ini disebabkan karena kadar sukrosa berpengaruh terhadap kadar air serta kandungan gula pereduksi dalam madu (Ridoni *et al.*, 2020). Berdasarkan tabel di atas (Tabel 1), kadar sukrosa madu lebah *Heterotrigona itama* pada ketiga lokasi (Cempaka Madu Kelulut, Cempaka Beton, dan Kelulut Kalimantan) secara konsisten lebih dari standar maksimum yang sudah diatur oleh SNI, yaitu 5%. Kadar sukrosa tertinggi ditemukan pada madu dari Cempaka Beton sebesar 10,58%, diikuti oleh Kelulut Kalimantan sebesar 8,84%, dan Cempaka Madu Kelulut sebesar 7,88%. Hasil analisis SPSS menyatakan kadar gula pereduksi madu dari ketiga lokasi tersebut menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa madu lebah *Heterotrigona itama* dari ketiga lokasi tersebut tidak memenuhi standar kadar sukrosa yang sudah diatur SNI 8664-2018 dimana batas maksimal kadar sukrosa adalah 5%, hal ini berdampak pada kadar kematangan pada madu dan keasliannya (Boussaid *et al.*, 2018).

Keasaman

Menurut Korošec *et al.* (2017), keasaman adalah salah satu parameter penting dalam menilai kualitas madu karena berpengaruh terhadap rasa dan aroma, serta berfungsi sebagai indikator adanya proses fermentasi. Berdasarkan tabel keasaman madu lebah *Heterotrigona itama* (Tabel 1) dari tiga lokasi meliponikultur di Kelurahan Sungai Tiung, diperoleh bahwa keasaman madu di Cempaka Madu Kelulut sebesar 85,33 mL NaOH/kg, Cempaka Beton sebesar 92,67 mL NaOH/kg, sementara keasaman di Kelulut Kalimantan lebih tinggi, yaitu 100 mL NaOH/kg. Hasil analisis SPSS menunjukkan bahwa kadar keasaman madu dari ketiga lokasi tersebut menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Perbedaan kadar keasaman madu lebah *Heterotrigona itama* dari tiga lokasi meliponikultur di Kelurahan Sungai Tiung dapat disebabkan oleh perbedaan dominasi jenis vegetasi yang menjadi sumber nektar bagi lebah *Heterotrigona itama* dan perbedaan kandungan mineral dalam tanah yang dapat memengaruhi komposisi nektar bunga (Salama *et al.*, 2019). Seluruh nilai keasaman ini jauh berada di bawah ambang maksimal yang sudah diatur oleh Standar (SNI 8664-2018), yaitu 200 mL NaOH/kg, menunjukkan bahwa madu dari ketiga lokasi memenuhi standar kualitas berdasarkan parameter keasaman.

Keasaman madu dipengaruhi oleh kandungan asam organik, senyawa fenolik, serta hasil fermentasi dari gula yang terdapat dalam madu (Nordin *et al.*, 2018). Semakin tinggi kadar keasaman mengindikasikan bahwa madu telah terfermentasi dan telah mengalami proses

transformasi alkohol menjadi asam organik (Tanjung *et al.*, 2021). Kadar air juga dapat mempengaruhi kadar keasaman pada madu. Rendahnya tingkat keasaman madu dapat disebabkan oleh rendahnya kadar air serta menunjukkan bahwa fermentasi belum terjadi. Bellik dan Iguerouada (2014) menjelaskan bahwa madu dengan kadar air yang tinggi dapat mendukung pertumbuhan khamir, seperti seperti *Saccharomyces cerevisiae* dan *Lactobacillus* sp. yang memicu fermentasi dan meningkatkan keasaman madu.

Padatan Tak Larut dalam Air

Padatan tak larut dalam air pada madu umumnya mencakup partikel-partikel kecil seperti sisa lilin, serbuk sari, bagian tanaman, debu atau tanah, atau kontaminasi lain yang tidak terlarut (Al-Farsi *et al.*, 2018). Berdasarkan tabel padatan tak larut dalam air (%) dari madu lebah *Heterotrigona itama* (Tabel 1) di tiga lokasi meliponikultur di Kelurahan Sungai Tiung, diketahui bahwa hasil analisis menunjukkan nilai yang bervariasi. Lokasi Cempaka Madu Kelulut memiliki padatan tak larut dalam air tertinggi, yaitu 1,15%, diikuti oleh Cempaka Beton sebesar 0,88%, dan Kelulut Kalimantan sebesar 0,35%. Hasil ini menunjukkan bahwa madu dari lokasi Cempaka Madu Kelulut dan Cempaka Beton melebihi ambang maksimal yang sudah diatur oleh Standar Nasional Indonesia (SNI8664-2018), yaitu 0,7%, sedangkan madu dari Kelulut Kalimantan berada di bawah standar tersebut.

Hasil analisis SPSS menunjukkan bahwa kadar padatan tak larut dalam air pada madu dari ketiga lokasi tersebut menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Perbedaan ini dapat disebabkan karena kondisi lokasi yang berbeda. *Heterotrigona itama* mengumpulkan banyak sampel dari lingkungan sekitarnya pada saat mencari makan, termasuk kontaminan dari udara, air, dan tanah dan ketika kembali ke sarang lebah pencari makan mengangkut kontaminan yang terkumpul dan memasukkannya ke dalam sarang, di mana kontaminan tersebut kemudian terakumulasi dalam produk sarang lebah seperti lilin dan madu (Martinello *et al.*, 2019). Padatan tak larut dalam air pada madu dari Cempaka Madu Kelulut memiliki nilai paling tinggi walaupun berada di area pemukiman, hal ini karena pada saat pengambilan sampel sedang ada pembangunan di area lokasi meliponikultur, sedangkan madu dari Cempaka Beton berada di dekat jalan raya dan pembuatan beton. Padatan tak larut air pada madu dari Kelulut Kalimantan memiliki nilai yang paling kecil karena lokasi meliponikultur berada jauh dari sumber kontaminan udara, yaitu berada di area perkebunan.

Kadar Abu

Abu adalah campuran mineral atau komponen anorganik yang terdapat dalam suatu bahan makanan. Berdasarkan tabel kadar abu madu lebah *Heterotrigona itama* (Tabel 1) dari tiga lokasi meliponikultur di Kelurahan Sungai Tiung, diketahui bahwa kadar abu pada Cempaka Madu Kelulut, Cempaka Beton, dan Kelulut Kalimantan memiliki nilai yang relatif kecil. Cempaka Madu Kelulut dan Cempaka Beton memiliki kadar abu yang sama yaitu 0,1% sedangkan Kelulut Kalimantan memiliki nilai yang lebih kecil yaitu 0,056%. Nilai ini jauh di bawah ambang maksimal yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI 8664-2018), yaitu 0,5%.

Hasil analisis SPSS menunjukkan bahwa kadar abu pada madu dari ketiga lokasi tersebut menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan. Kecilnya kadar abu pada madu lebah *Heterotrigona itama* dari ketiga lokasi meliponikultur di Kelurahan Sungai Tiung dapat disebabkan oleh kesamaan sumber makanan lebah, khususnya jenis tanaman penghasil nektar yang tumbuh di sekitar area budidaya. Kadar abu dalam madu umumnya berkaitan dengan kandungan mineral yang berasal dari nektar bunga atau kontaminasi dari lingkungan sekitar. Nilai kadar abu yang kecil dan tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar lokasi mengindikasikan bahwa lebah *Heterotrigona itama* di ketiga lokasi tersebut mengumpulkan nektar dari sumber yang relatif serupa dan berada di lingkungan yang bersih dengan minimnya kontaminasi mineral (Nordin *et al.*, 2018). Kadar abu dalam madu merepresentasikan kandungan mineral atau zat anorganik yang berada di dalam madu yang biasanya dipengaruhi oleh jenis nektar dan polen yang dikumpulkan lebah serta kondisi lingkungan tempat meliponikultur (Nordin *et al.*, 2018).

Cemaran Logam Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd)

Hasil analisis kadar cemaran timbal (Pb) dan cadmium (Cd) pada tiga lokasi, yaitu Cempaka Madu Kelulut, Cempaka Beton, dan Kelulut Kalimantan, menunjukkan bahwa kadar Pb di semua sampel memperlihatkan kadar yang sangat kecil, yaitu $<0,001$ mg/kg. Nilai ini jauh di bawah ambang maksimal yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI 8664-2018), yaitu untuk timbal sebesar 1,0 mg/kg dan 0,2 mg/kg untuk cadmium. Hasil ini mengindikasikan bahwa madu yang dihasilkan dari ketiga lokasi tersebut memiliki kualitas yang baik dalam hal keamanan terhadap cemaran logam berat, khususnya timbal dan cadmium.

Kecilnya kadar timbal dalam madu ini kemungkinan besar disebabkan oleh lingkungan tempat lebah memanen nektar yang relatif bersih dari polusi logam berat. Beberapa faktor yang dapat memengaruhi kecilnya kadar timbal dan cadmium adalah lokasi geografis yang jauh dari sumber pencemaran seperti kawasan industri, lalu lintas padat, atau penggunaan pestisida yang mengandung logam berat (Suhesti *et al.*, 2024). Faktor yang dapat menyebabkan kadar cemaran logam tinggi, yaitu keadaan lingkungan serta metode pemeliharaan lebah madu (Silici *et al.*, 2016), pemakaian pestisida dalam sektor pertanian serta penggunaan obat-obatan pada hewan (Sharma *et al.*, 2023), dan penggunaan peralatan logam dalam penanganan bahan makanan (Elfriede *et al.*, 2023).

Madu yang terkontaminasi logam berat di atas kadar maksimum yang sudah diatur dapat membahayakan kesehatan konsumen, oleh karena logam bisa terserap ke dalam sistem pencernaan, beredar lewat aliran darah, dan akhirnya terakumulasi di dalam tubuh (Pratiwi, 2020). Paparan logam pada manusia dapat menyebabkan kerusakan sistem saraf, gangguan perkembangan otak pada anak-anak, anemia, kerusakan ginjal, dan masalah reproduksi, keracunan atau bahkan kematian (Budiastuti *et al.*, 2016). Adanya penumpukan kadar logam berat yang terserap oleh tubuh manusia juga berisiko menyebabkan berbagai gangguan kesehatan pada organ vital, seperti hati, ginjal, otak, dan organ lainnya (Ullah *et al.*, 2022).

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Kualitas fisikokimia madu *Heterotrigona itama* dari tiga lokasi menunjukkan perbedaan. Madu dari Kelulut Kalimantan memiliki kadar air tekecil (30%) dan kadar abu tekecil (0,056%), sementara madu dari Cempaka Beton memiliki kadar sukrosa tertinggi (10,58%) dan gula pereduksi tertinggi (45,59%). Hasil ini menunjukkan adanya variasi kualitas antar lokasi yang dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan budidaya.
2. Kadar HMF, keasaman, padatan tak larut air, kadar abu, serta kadar cemaran pb dan cd pada ketiga lokasi meliponikultur sudah selaras dengan syarat yang ditetapkan oleh SNI 8664-2018. Namun, kadar air dan sukrosa melebihi batas SNI, sedangkan kadar gula pereduksi masih di bawah standar minimum. Selain itu, kadar gula total tidak sesuai dengan standar *U.S. Patent Application*.

TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pemilik usaha budidaya lebah (meliponikultur) di Kecamatan Sungai Tiung, yang bersedia menjadikan madu usahanya sebagai bagian dari penelitian sekaligus menjadi narasumber terkait madu lebah kelulut.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Farsi, M., Al-Belushi, S., Al-Amri, A., Al-Hadhrani, A., Al-Rusheidi, M., dan Al-Alawi, A. (2018). Quality evaluation of Omani honey. *Food Chemistry*, 262, 162–167.
- Ansyarif, A. R. (2023). Uji Sifat Fisika Dan Kimia Madu Hutan (*Apis dorsata*) Berdasarkan SNI 8664-2018. *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*, 5(2), 47-50.
- Apriantini, A., Endarawati, Y. C., dan Astarini, Z. (2022). Pengaruh Lama Waktu Penurunan Kadar Air terhadap Kualitas Fisikokimia Madu Kapuk dan Madu Rambutan. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, 10(2), 98-104.

- Ávila, S., Beux, M. R., Ribani, R. H., dan Zambiasi, R. C. (2018). Stingless bee honey: Quality parameters, bioactive compounds, health-promotion properties and modification detection strategies. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 37-50.
- Badan Standarisasi Nasional. (1992). *SNI 01-2892-1991 Cara Uji Gula*.
- Badan Standarisasi Nasional. (1992). *SNI 01-2892-1992 Uji Makanan dan Minuman*.
- Badan Standarisasi Nasional. (1998). *SNI 01-2896-1998 Cara uji cemaran logam dalam makanan*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *SNI 3545:2013 Madu*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2018). *SNI 8664:2018 Madu*.
- Bellik, Y., dan Iguerouada, M. (2014). Honey in the food industry. *L. Boukraâ (Ed.)*, 409-435.
- Boussaid, A., Chouaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsi, F., Ferrari, G., dan Hamdi, S. (2018). Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(2), 265–274.
- Budiastuti, P., Raharjo, M., dan Dewanti, N. A. Y. (2016). Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal Di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Kesehatan Masyarakat*, 4(5), 119-125.
- Crane, E., dan Walker. (1985). Biological Properties of Honey. A Comprehensive Survey Honey. Ed. Eva Crane. Heinemann, London: pp 314-325.
- Elfriede, D., Arifin, Y., dan Aprilia, N. (2023). Analisis Kontaminasi Logam Berat dan Mikroba Pada Gula Aren Sesuai Standar Pangan Indonesia di Pusat Produksi Desa Menggala Lombok Utara. *Jurnal Ilmiah Membangun Desa Dan Pertanian*, 8(6), 214-222.
- Evahelda, E., Pratama, F., dan Santoso, B. (2017). Sifat fisik dan kimia madu dari nektar pohon karet di Kabupaten Bangka Tengah, Indonesia. *Agritech*, 37(4), 363-368.
- Gairola, A., Tiwari, P., dan Tiwari, J. K. (2013). Physico-chemical properties of Apis cerana-indica F. honey from Uttarkashi district of Uttarakhand, India. *Journal of Global Biosciences*, 2(1), 20-25.
- Hakim, S. S., Wahyuningtyas, R. S., Siswadi, S., Rahmanto, B., Halwany, W., dan Lestari, F. (2021). Sifat fisikokimia dan kandungan mikronutrien pada madu kelulut (*Heterotrigona itama*) dengan warna berbeda. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 39(1), 1-12.
- Irundu, D., Fahmin, M., dan Zulkahfi, R. (2022). Pengaruh Posisi Pintu Masuk terhadap Perkembangan Sarang Koloni Lebah Trigona sp. *Jurnal Eboni*, 47-52.
- Koesprimadisari, A. R., Arrisujaya, D., dan Syafdaningsih, R. (2018). Uji Kandungan Hidroksimetilfurfural (Hmf) Sebagai Parameter Kualitas Madu. *Jurnal Sains Natural*, 6(2), 44.
- Korošec, M., Vidrih, R., dan Bertoneclj, J. (2017). Slovenian Honey and Honey Based Products. Ch. 7. In: R. M. S. Cruz and M. C. Vieira (Eds.). *Mediterranean Foods: Composition and Processing*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Martinello, M., Manzinello, C., Borin, A., Avram, L. E., Dainese, N., Giuliano, I., Gallina, A., dan Mutinelli, F. (2019). A survey from 2015 to 2019 to investigate the occurrence of pesticide residues in dead honeybees and other matrices related to honeybee mortality incidents in Italy. *Diversity*, 12(1), 15.
- Mual, M. C., Susanti, C. M. E., dan Moeljono, S. (2022). Karakteristik Kandungan Logam pada Madu yang Dibudidayakan di Sekitar Kota Wamena. *Jurnal Kehutanan Papuasiasia*, 8(2), 389-396.
- Nordin, A., Sainik, N. Q. A. V., Chowdhury, S. R., Saim, A. B., dan Idrus, R. B. H. (2018). Physicochemical properties of stingless bee honey from around the globe: A comprehensive review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 73, 91-102.
- Pribadi, A. (2021). Perbandingan Uji Budi Daya Lebah Jenis *Heterotrigona itama* pada Empat Tipe Vegetasi (Comparision of Meliponiculture using *Heterotrigona itama* Placed at Four Different Vegetations). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 18(2), 93-108.
- Pratiwi, D. Y. (2020). Dampak pencemaran logam berat terhadap sumber daya perikanan dan kesehatan manusia. *Jurnal Akuatek*, 1(1), 59-65.

- Pribadi, A., dan Wiratmoko, M. D. E. (2023). Karakteristik Fisikokimia Madu *Heterotrigona itama* Asal Provinsi Riau. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 18(2), 13-28.
- Purwanto, H., Soesilohadi, R. C. H., dan Trianto, M. (2022). Stingless bees from meliponiculture in South Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(3), 1254-1266.
- Ridoni, R., Radam, R., dan Fatriani, F. (2020). Analisis kualitas madu kelulut (*Trigona* sp) dari Desa Mangkau Kecamatan Pengaron Kabupaten Banjar. *Jurnal Sylva Scientiae*, 3(2), 346-355.
- Salama, A. S., Etorki, A. M., dan Awad, M. H. (2019). Determination of physicochemical properties and toxic heavy metals levels in honey samples from West of Libya. *Journal of Advanced Chemical Sciences*, 618-620.
- Sharma, A., Pant, K., Brar, D. S., Thakur, A., dan Nanda, V. (2023). A review on Api-products: Current scenario of potential contaminants and their food safety concerns. *Food Control*, 145, 109499.
- Silici, S., Uluozlu, O. D., Tuzen, M., dan Soylak, M. (2016). Honeybees and honey as monitors for heavy metal contamination near thermal power plants in Mugla, Turkey. *Toxicol. Ind. Health*, 32, 507-516.
- Suedy, S. W. A., Aisyah, A. A., Darmanti, S., dan Parman, S. (2023). Uji kualitas beberapa madu lokal di Semarang. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 8(2), 161-168.
- Suhesti, E., Hadinoto, H., dan Suwarno, E. (2024). Karakteristik Madu Kelulut (*Heterotrigona itama*) dari Hutan Adat Ghimbo Pomuan Kabupaten Kampar. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 19(1), 63-73.
- Tanjung, R. A., Moulana, R., dan Rasnovi, S. (2021). Pengaruh Keragaman Sumber Pakan Terhadap Kualitas Madu Lebah Apis Cerana Fabr, 1798 Di Balai Penelitian Dan Pengembangan Lingkungan Hidup Dan Kehutanan (BP2LHK) Aek Nauli Sumatera Utara. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(4), 1000-1013.
- Ullah, R., Jan, F. A., Gulab, H., Saleem, S., Ullah, N., dan Wajidullah. (2022). Metals contents in honey, beeswax and bees and human health risk assessment due to consumption of honey: A case study from selected districts in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 82(3), 341-354.
- Wilanda, N., Hamidah, S., dan Istikowati, W. T. (2024). Uji Hidroksimetilfurfural (HMF), Kadar Air dan Kadar Gula pada Madu Kelulut (*Heterotrigona itama*) berdasarkan Masa Simpan. *Jurnal Sylva Scientiae*, 7(4), 608-616.
- Yao, L., Jiang, Y., Singanusong, R., Datta, N., dan Rayment, K. (2004). Phenolic acids and abscisic acid in Australian Eucalyptus honeys and their potential for floral authentication. *Food Chemistry*, 86(2), 169-177.